

## ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ТОРФО-АММИАЧНЫХ УДОБРИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ РАЗНОГО СОСТАВА В ПЕРИОД ИХ ВЫДЕРЖИВАНИЯ

### I. ДИНАМИКА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ТОРФО-АММИАЧНЫХ УДОБРЕНИЯХ

#### В. ТОХВЕР

Торфо-аммиачные удобрения (смеси торфа с аммиачной водой и другими минеральными удобрениями) в последние годы находят все более широкое применение в нечерноземной зоне СССР. ТАУ изготавливаются обычно непосредственно на местах торфозаготовок. От времени приготовления ТАУ до внесения их в почву обычно проходит несколько месяцев. В течение этого периода выдерживания в смесях происходят сложные микробиологические, химические и физико-химические процессы, которые изменяют их удобрительные свойства (Фатчихина и др., 1960). Чисто химические процессы протекают при этом главным образом в течение первых двух-трех недель выдерживания ТАУ под прямым воздействием аммиачной воды на органическое вещество торфа. Что касается микробиологических процессов в ТАУ, то закономерности развития микрофлоры пока не выяснены. Вместе с тем, эти процессы должны иметь важное место в изменении свойств ТАУ в период выдерживания.

Исходя из сказанного, в 1958 году в Институте экспериментальной биологии АН ЭССР были заложены опыты по изучению микробиологических процессов в ТАУ в связи с изучением изменения химических и физико-химических свойств этих удобрений. Были поставлены следующие задачи исследований: 1) выяснение закономерностей развития в ТАУ как отдельных групп микроорганизмов, так и микрофлоры в целом; 2) изучение связи между количественной и качественной динамикой микрофлоры и изменениями свойств ТАУ химического и физико-химического порядка; 3) выяснение возможностей регулирования свойств ТАУ управлением микробиологическими процессами при помощи изменения состава минеральных примесей.

Опыты по исследованию вышеизложенных вопросов проводились как в лабораторных, так и в производственных условиях. В настоящей статье приводятся результаты лабораторных опытов. Результаты же производственных опытов, в общем практически совпадающих с результатами лабораторных опытов, будут изложены в последующих статьях.

Настоящая статья состоит из двух частей. Первая из них освещает результаты микробиологических анализов, вторая часть связывает эти данные с результатами химических и физико-химических анализов, и в ней приводятся выводы о значении отдельных микробиологических процессов в изменении свойств ТАУ в течение выдерживания, с указанием, вместе с тем, на зависимость всех изученных процессов от начального состава торфо-аммиачных удобрений.

## Материал и методика

В опытах был использован низинный тростниково-осоковый торф из болота Тоотси Эстонской ССР, где производится промышленная заготовка ТАУ. Главные свойства этого торфа следующие: степень разложения 25—30%, содержание общего азота 2,2—2,4%, общего  $P_2O_5$  до 0,06%,  $K_2O$  до 0,02%,  $Fe_2O_3$  до 0,7%,  $CaO$  2,7—3,1%, зольность 9—10%, pH 5,2—5,4. Микробиологическая характеристика этого торфа перед опытами была в среднем следующая: гнилостных бактерий 2,4—3,7 млн./г, актиномицетов 160—230 тыс./г, нитрификаторов 0,1—0,4 тыс./г, аэробных целлюлозоразлагающих бактерий до 0,1 тыс./г, денитрификаторов 100—150 тыс./г, спороспособных бацилл до 2 тыс./г, бактерий, способных разлагать фосфоритную муку, 5—20 тыс./г, бактерий, разлагающих гуминовые кислоты, 10—20 тыс./г, грибная микрофлора представлена богато (по стеклам обрастания).

В соответствии с правилами «Временных технических требований по приготвлению, хранению и применению торфо-аммиачных удобрений» Министерства сельского хозяйства РСФСР был применен проветренный, подсушенный до 55% влажности торф. К торфу примешивалась аммиачная вода в дозе 0,5%  $N-NH_4$  от сухого веса торфа. По вариантам примешивали фосфорные туки (фосфоритная мука, суперфосфат, смешанный фосфат) в дозе 4,4%, хлористый калий в дозе 1,7%, сульфат калия в дозе 1,9%, известь в дозе 2,2 и 4,4% и сланцевую золу в дозе 4,4% (все от сухого веса торфа). Дозы фосфорных туков и хлористого калия при этом отвечают нормам, предусмотренным в упомянутых выше «Требованиях». Использование известкового материала и сульфата калия в них не указано, но они использовались нами в отдельных вариантах, так как это представляет интерес с исследовательской точки зрения.

Опыты проводились в трех повторностях в таких условиях, которые были по возможности максимально приближены по тепловому режиму и аэрации к производственным условиям выдерживания ТАУ. В этих целях использовали для выдерживания смесей специальные 20-литровые закрытые сосуды с теплоизоляцией, которая защитила опытные порции смесей от внешних колебаний температуры. (В производственных условиях такую же теплоизолирующую роль по отношению к внутренним массам выполняют наружные слои бурта ТАУ.)

Все варианты выдерживались в течение трех месяцев. Микробиологические, химические и физико-химические анализы проводились в сроки: 1 день (только химические и физико-химические анализы), 2 недели, 4 недели, 6 недель, 2 месяца и 3 месяца с начала опытов.

Влажность смесей в течение продолжительности опытов сохранялась 55%-ой.

Определялась численность следующих групп микроорганизмов: 1) гнилостных бактерий — на мясо-пептонном агаре, 2) спороспособных бактерий (бацилл) — на среде, состоящей из равных количеств пивного суслоагара и мясо-пептонного агара, 3) актиномицетов — на аммиачно-крахмальном агаре, 4) бактерий, разлагающих труднодоступные минеральные фосфорные соединения (в дальнейшем под названием бактерии, разлагающие фосфоритную муку), — на среде следующего состава: почвенный экстракт 1:50 — 1000 мл, глюкоза — 5 г,  $(NH_4)_2SO_4$  — 0,5 г,  $KCl$  — 0,3 г,  $NaCl$  — 0,3 г,  $FeSO_4$  — следы,  $MnSO_4$  — следы;  $MgSO_4$  — 0,3 г, измельченная в ступке фосфоритная мука — 10 г, агар — 15 г, бромтимоловый синий (в качестве индикатора для распознавания кислотообразующих бактерий) — до четкой синей окраски, 5) нитрификаторов — на жидкой среде Виноградского, 6) денитрифицирующих бактерий — на модифицированной среде Гильтея, 7) аэробных целлюлозоразлагающих бактерий — на среде Гэчинсона и 8) бактерий, разлагающих гуминовые кислоты, — на среде Д. И. Никитина (1960) с прибавлением 0,5% мела.

Кроме указанных анализов было установлено, что азотобактер отсутствует в ТАУ (определение на Эшби-агаре) и что грибы практически не развиваются в смеси в присутствии аммиачной воды, по крайней мере в течение первых ме-

сяцев выдерживания ТАУ (определение на стеклах обрастания в самой смеси). Данные по этим группам в таблицах настоящей статьи не приводятся.

Микробиологические анализы проводились в трех повторностях. Полученные результаты были статистически обработаны, с использованием в качестве пособия книги Н. Т. И. Бэйли (Bailey, 1959).

Средняя погрешность анализов, вычисленная по формуле

$$m_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

оказалась следующей (в % от арифметического среднего одного анализа): для гнилостных бактерий 7—8%, для споросных бактерий 8—9%, для бактерий, разлагающих фосфоритную муку, 7—8%, для актиномицетов 6—7%. Что касается определения микроорганизмов на жидких средах по методу разведений, то погрешность полученных средних данных была около 25% для всех четырех групп микроорганизмов.

С учетом погрешности анализа для микроорганизмов на твердых средах, в таблицах приводятся данные их численности с двумя знаками в цифре, а для жидких сред — одним только знаком в цифре.

Существенность различий динамик микроорганизмов, проанализированных на плотных средах, в разных вариантах ТАУ оценивалась по методу  $\chi^2$ -теста. Цена  $\chi^2$  вычислялась по формуле

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_i - g_i)^2}{g_i}$$

где  $f_i$  и  $g_i$  являются показателями численности микроорганизмов данной группы в паре вариантов одновременного анализа. Уровень значимости разницы динамик микроорганизмов был найден из  $\chi^2$  — таблицы по цене экспериментально полученного  $\chi^2$ .

Цифровые результаты анализов, проведенных через одни и те же сроки во всех вариантах одинаковым методом, суммировали по группам микроорганизмов для получения данных, позволяющих охарактеризовать относительную активность данной группы микроорганизмов за все время опытов в различных вариантах ТАУ. По этим же данным был проведен дисперсионный анализ по группам микроорганизмов для характеристики роли разных компонентов ТАУ в варьировании активности микробиологических процессов. Схема проведенного анализа следующая:

	+ азот амводы		без прибавл. азота	
	+KCl	без KCl	+KCl	без KCl
+ известь	×	×	×	×
без извести	×	×	×	×

(× = соответствующие цены активности данного микробиологического процесса)

Данные по методике проведения химических и физико-химических анализов приводятся во второй части статьи.

### Результаты опытов

Приведенные в таблицах 1—5 данные показывают, что главная масса микроорганизмов, действующих в ТАУ, принадлежит к группе гнилостных бактерий. Эти бактерии действуют более активно, как правило, в начальные периоды выдерживания ТАУ. В максимальном количестве они встречаются с четвертой до шестой недели с начала опыта. С этого срока обычно происходит значительное снижение численности гнилостных бактерий.

Динамика микроорганизмов в вариантах ТАУ без известкового материала

Содержание минеральных примесей в % от сухого веса					Время с начала опыта	Группы микроорганизмов								
N-аммоды	Фосф. мука	Суперфосфат	Смеш. фосф.	Хлор. калий		Сульфат калия	Гнилостные бакт., млн./г	Спороносн. бакт., тыс./г	Денитрификаторы, млн./г	Актиномицеты, млн./г	Бактерии, разл. фосф. муку, тыс./г	Нитрификаторы, тыс./г	Аэр. целлюлозо-разл. бакт., тыс./г	Бакт., разл. гум. кислоты, млн./г
0,5	4,4			1,7	2 нед.	45	3,2	3	2,7	250	0,5	0,5	0,1	
					4 "	76	6,2	2	3,2	180	0,5	20	0,4	
					6 "	51	25	3	2,7	140	0,5	100	2	
					2 мес.	47	190	3	2,6	52	0,5	100	2	
					3 "	25	260	2	3,5	35	12	100	2	
0,5	4,4			1,7	2 нед.	34	3,3	2	2,0	80	0,3	1	—	
					4 "	59	4,6	2	2,4	83	0,5	10	0,1	
					6 "	29	24	3	3,1	83	1	60	2	
					2 мес.	26	210	2	3,1	27	0,5	100	1	
					3 "	15	320	3	2,9	31	5	100	1	
0,5		4,4		1,7	2 нед.	57	3,9	3	2,5	260	0,3	2	0,1	
					4 "	91	6,4	3	2,9	210	0,1	4	0,3	
					6 "	61	22	3	3,9	85	0,1	60	2	
					2 мес.	35	200	1	3,1	39	0,5	130	1	
					3 "	21	320	2	3,5	31	8	130	2	
0,5		4,4		1,9	2 нед.	48	4,9	5	3,7	200	5	0,5	0,1	
					4 "	69	10	6	3,0	250	20	0,7	1	
					6 "	62	65	3	2,6	160	40	60	3	
					2 мес.	32	200	3	3,8	85	60	150	2	
					3 "	20	270	3	2,5	70	70	130	2	
0,5	4,4			1,9	2 нед.	94	8,4	7	4,0	380	1	0,1	0,1	
					4 "	130	65	9	7,4	420	30	30	3	
					6 "	110	200	7	11	320	100	150	5	
					2 мес.	76	560	6	5,8	200	100	300	4	
					3 "	37	580	4	5,4	140	100	150	4	
	4,4	1,7			1,9	2 нед.	17	3,1	2	3,0	110	0,1	0,1	0,1
						4 "	12	2,6	1	2,7	64	0,1	0,6	0,1
						6 "	5,6	9,4	1	1,6	94	0,3	30	2
						2 мес.	5,8	64	1	1,6	20	1	3	1
						3 "	5,6	35	2	1,8	12	4	4	1

Главным фактором, влияющим на интенсивность жизнедеятельности гнилостных бактерий, является аммиачная вода, снабжающая разные микроорганизмы, в том числе и гнилостные бактерии, легко доступным азотом. Под ее влиянием суммарная активность гнилостных бактерий повышается, в зависимости от фона других примесей, по сравнению с неаммиачным контролем, в 2—10 раз. Особенно значительно повышены активности гнилостных бактерий под влиянием аммиачной воды в безизвестковых вариантах, что показывает, что положительное влияние

Таблица 2

Динамика микроорганизмов в вариантах ТАУ с известковым материалом

N-амводы	Содержание минеральных примесей в % от сухого веса				Время с начала опыта	Группы микроорганизмов								
	Смеш. фосф.	Хлор. калий	Известь	Сланцевая зола		Гнилостные бект., млн./г	Спороносн. бект., тыс./г	Денитрификаторы, млн./г	Актиномицеты, млн./г	Бактерии, разл. фосф. муки, тыс./г	Нитрификаторы, тыс./г	Аэр. целлюлозо-разл. бект. тыс./г	Бект., разл. гум. кислоты, млн./г	
0,5	4,4	1,7	2,2		2 нед.	100	25	7	6,6	250	0,6		0,3	
					4 "	110	32	9	6,4	250	1	30	2	
					6 "	100	76	6	8,6	350	1	200	2	
					2 мес.	66	280	4	5,8	280	6	500	3	
					3 "	32	540	4	5,8	270	14	300	3	
0,5	4,4	1,7	4,4		2 нед.	73	35	4	3,6	240	0,1	0,4	0,2	
					4 "	140	20	7	3,5	200	0,4	50	1	
					6 "	130	86	5	14	240	1	150	3	
					2 мес.	75	430	2	5,9	280	5	300	3	
					3 "	62	400	3	6,4	240	15	300	3	
0,5	4,4		4,4		2 нед.	62	12	7	3,2	250	10	1	0,3	
					4 "	130	20	10	4,2	360	50	40	3	
					6 "	120	100	7	9,5	360	100	100	4	
					2 мес.	73	320	4	6,4	250	100	300	4	
					3 "	28	300	5	6,5	240	100	100	3	
0,5	4,4	1,7		4,4	2 нед.	41	24	4	2,4	190	0,1	0,7	0,2	
					4 "	120	31	6	3,8	200	1	50	1	
					6 "	160	54	5	10	260	1	150	3	
					2 мес.	50	300	3	4,2	280	5	150	3	
					3 "	49	330	3	3,7	250	14	300	3	
	4,4	1,7	4,4			2 нед.	26	7,2	3	1,3	150	0,1	0,1	0,2
						4 "	26	8,5	3	2,4	140	0,5	1	1
						6 "	46	29	2	9,8	80	0,2	30	2
						2 мес.	9,3	110	3	3,2	110	2	50	3
						3 "	12	71	2	3,1	80	6	40	2

аммиачной воды отчасти объясняется и нейтрализацией кислотности торфа.

Влияние разных видов фосфорных удобрений на гнилостные бактерии, по данным опытов, почти одинаково. Можно только отметить, что суперфосфат несколько уступает по положительному влиянию фосфоритной муке и смешанному фосфату.

Под влиянием хлористого калия численность гнилостных бактерий увеличивается в ТАУ незначительно. Прибавление же в смесь сульфата калия значительно повышает энергию жизнедеятельности этих бактерий. Видно, что микроорганизмы нуждаются в прибавлении в ТАУ калия, но, вместе с тем, хлористый калий оказывает, кроме положительного влияния за счет калия, и некоторое вредное влияние, по-видимому, из-за присутствия хлора.

Таблица 3

Существенность разницы динамик микроорганизмов в различных вариантах торфо-аммиачных удобрений

(Анализ данных, приведенных в таблицах 1 и 2, по  $\chi^2$ -тесту)

Сравниваемые пары вариантов по минеральным примесям	Фон по минеральным примесям	Уровень значимости (в %), при котором разница динамик микроорганизмов существенна			
		Гнилостн. бактерии	Спороносн. бактерии	Актино-мицеты	Бактерии, разл. фосф. муку
+АВ — нет азота	+СФ, +ХК	99,9	99,9	<95	99,9
+АВ — " "	+СФ, +ХК, +Изв	99,9	99,9	99,9	99,9
+ХК — нет калия	+СФ, +АВ	<95	<95	<95	95
+ХК — " "	+СФ, +АВ, +Изв	<95	95	<95	97,5
+СК — " "	+СФ, +АВ	99,9	99,9	99,9	99,9
+СК — +ХК	+СФ, +АВ	99,9	99,9	99,9	99,9
+Изв — нет извести	+СФ, +АВ, +ХК	99	99,9	99,9	99,9
+Изв — " "	+СФ, +ХК	99	99,9	99,9	99,9
(+)Изв — " "	+СФ, +АВ, +ХК	97,5	99,9	99,9	99,9
+СЗ — нет СЗ	+СФ, +АВ, +ХК	99,9	99,9	97,5	99,9
(+)Изв — +Изв	+СФ, +АВ, +ХК	<95	99	<95	<95
+Изв — +СЗ	+СФ, +АВ, +ХК	<95	97,5	<95	<95
+ФМ — +Сп	+АВ, +ХК	97,5	<95	<95	99,9
+ФМ — +СФ	+АВ, +ХК	<95	<95	<95	<95
+СФ — +Сп	+АВ, +ХК	97,5	<95	<95	99,9

Обозначения: +АВ = 0,5% азота амводы, +ФМ, +СФ и +Сп = = 4,4% фосф. муки, смеш. фосфата и суперфосфата, +ХК = 1,7% хлор. калия, +СК = 1,9% сульфата калия, +Изв и (+) Изв = 4,4% и 2,2% извести, +СЗ = 4,4% сланц. золы.

Примечание: Цены  $\chi^2$ , отвечающие уровню значимости меньше 95%, не считаются достоверными.

Известь примерно в два раза усиливает интенсивность размножения гнилостных бактерий. На его фоне проявляется и некоторое положительное влияние хлористого калия. Известь, по-видимому, несколько смягчает вредное влияние хлора в составе хлористого калия.

В отличие от предыдущей группы спорогенные бактерии (бациллы) показывают повышение активности жизнедеятельности в более поздние периоды выдерживания ТАУ. Их численность значительно увеличивается в сроки, когда численность аспорогенных форм уже значительно падает. Увеличение численности бацилл доходит вплоть до конца опытов. Этот факт находится в соответствии с точкой зрения, что бациллы участвуют в разложении органического вещества в более поздних стадиях этого процесса (Мишустин, 1955; Зименко, 1957; Тимофеева, 1954; Шинкарева, 1960).

Что касается влияния на жизнедеятельность спороносных бактерий разных минеральных компонентов ТАУ, то оно в общем сходно с влиянием тех же компонентов на жизнедеятельность аспорогенных гнилостных бактерий.

Денитрифицирующие бактерии довольно сильно развиваются в разных вариантах проведенных опытов. Они, как правило, проявляют известную, хотя и не всегда явную тенденцию к снижению титров в более поздние периоды выдерживания ТАУ. Такая тенденция видна там, где исходная численность и суммарная активность денитрификаторов выше. Это заставляет думать, что упомянутая тенденция связывается с израсходованием каких-то нужных для жизнедеятельности денитрификаторов соединений, вероятно подвижных органических веществ. Уменьшение количества последних в течение выдерживания ТАУ нами экспериментально установлено, как указывается во второй части настоящей статьи.

Аммиачная вода влияет положительно на денитрификаторы, но в меньшей мере, чем на гнилостные бактерии. Положительное влияние известно в некоторых случаях даже превышает влияние аммиачной воды. Кислотность торфа, по-видимому, более вредна для денитрификаторов, чем для гнилостных бактерий. Не обнаружено существенного различия между влиянием на денитрификаторы извести и сланцевой золы.

Практически одинаковые результаты дает, по данным опытов, в отношении численности денитрификаторов использование в составе ТАУ фосфоритной муки, суперфосфата или смешанного фосфата.

Хлористый калий более или менее заметно задерживает размножение денитрифицирующих бактерий. Этот факт имеет большое практическое значение, так как денитрификаторы при благоприятных условиях могут вызвать большие потери азота.

Сульфат калия, в отличие от хлористого калия, существенно повышает активность жизнедеятельности денитрификаторов в ТАУ.

Динамика актиномицетов в ТАУ менее ясна, чем динамика предыдущих групп микроорганизмов. В общем они представлены в ТАУ в довольно больших количествах во все периоды опытов. По сравнению с чистым торфом их численность увеличивается в некоторых вариантах (известкованные варианты с аммиачной водой, фосфором и калием) более чем в 60—90 раз.

Известь, сульфат калия и аммиачная вода (особенно в безизвестковых вариантах) существенно повышают численность актиномицетов. Хлористый калий почти не оказывает влияния. Это, как указано уже выше, отнюдь не означает, что актиномицеты не нуждаются в калии для успешного развития в ТАУ. Противное доказано влиянием сульфата калия. Дело только в том, что хлор не позволяет проявиться положительному влиянию калия, если калий прибавляется в виде хлорида.

К разным формам фосфорных удобрений актиномицеты относятся безразлично, если судить по данным проведенных опытов.

Как гнилостные бактерии, так и бактерии, разлагающие фосфоритную муку, имеют максимальную численность в первые периоды выдерживания ТАУ. Обычно их титры значительно падают после 1½—2-месячного срока хранения смесей. Исключения составляют те варианты, которые получили известковый материал и сульфат калия. В них сохраняется высокая активность процесса до конца опытов. Причиной падения численности бактерий, разлагающих фосфоритную муку, является, следовательно, недостаток калия или подкисление среды. (То, что подкисление неизвесткованной среды действительно имеет место, показывается во второй части статьи.)

Существенные различия численности бактерий, разлагающих фосфоритную муку, обнаруживаются под влиянием как аммиачной воды, так и обоих использованных известковых материалов. Наилучшим для раз-

Таблица 4

**Суммарные показатели активности микробиологических процессов  
в вариантах ТАУ**

(В миллионах на 1 г сухого вещества)

Варианты ТАУ по содержанию минер. примесей								Гнилостные бактерии	Спороносные бактерии	Денитрификаторы	Актиномицеты	Бактерии, разл. фосф. муку	Нитрификаторы	Аэр. целлюлозо-разл. бактерии	Бакт., разл. гум. кислоты
N-амводы	Фосф. мука	Суперфосфат	Смеш. фосф.	Хлор. калий	Сульф. калия	Известь	Сланц. зола								
+	+							240	0,38	13	15	0,66	—	0,3	6
+		+						160	0,56	12	13	0,30	—	0,3	4
+			+					260	0,55	12	16	0,62	—	0,3	5
+			+					230	0,55	20	16	0,76	0,2	0,3	8
+			+		+			450	1,4	33	34	1,5	0,3	0,6	16
			+					50	0,11	7	11	0,30	—	—	4
+			+			(+)		410	0,95	30	33	1,4	—	1,0	10
+			+			+		480	0,97	21	33	1,2	—	0,8	10
+			+			+		410	0,75	33	30	1,5	0,4	0,5	14
+			+				+	420	0,74	21	24	1,2	—	0,6	10
			+			+		120	0,23	13	20	0,56	—	0,1	8
			+					70	0,16	9	12	0,50	0,1	—	5
			+			+		130	0,32	17	18	0,72	0,2	0,1	11

Примечание: + — полная норма (N-амводы 0,5%, фосфорные туки и известковый материал 4,4%, хлористый калий 1,7%, сульфат калия 1,9%); (+) — половинная норма.

вития этих бактерий является совместное использование аммиачной воды и извести.

Сульфат калия положительно влияет на жизнедеятельность бактерий, разлагающих фосфоритную муку. Хлористый калий, наоборот, по сравнению с бескалиевыми вариантами и тем более с вариантами, куда прибавлялся сульфат калия, заметно задерживает их развитие.

Опыты показывают, что на фоне суперфосфата бактерии, разлагающие фосфоритную муку, не могут успешно развиваться.

Усиленное развитие нитрификаторов начинается в вариантах ТАУ, благоприятных для их жизнедеятельности, с четвертой-шестой недели выдерживания. Относительно благоприятными являются при этом все варианты без хлористого калия. Последний в применяемой дозе практически полностью подавляет жизнедеятельность нитрификаторов в течение срока опыта (на три месяца).

Наивысшая активность нитрификаторов встречается в вариантах ТАУ, которые получили аммиачную воду, известь и сульфат калия. Все эти факторы вызывают возникновение статистически существенных различий между динамикой нитрификаторов в соответствующих вариантах ТАУ. При этом, как и у денитрификаторов, известь несколько смягчает вредное влияние хлористого калия и позволяет нитрификаторам активно размножаться уже в конце трехмесячного периода выдерживания



Таблица 5

Роль азота аммиачной воды, хлористого калия и извести в варьировании интенсивности микробиологических процессов в торфо-аммиачных удобрениях (Дисперсионный анализ)

Схема анализа — в тексте (стр. 221)

Показатели анализа	Цены показателей анализа по группам микроорганизмов							
	Гнилостн. бактерии	Спороносн. бактерии	Актино-мицеты	Бактерии, разл. фосф. муку	Нитрифи-каторы	Денитрифи-каторы	Аэр. целлюлозоразл. бактерии	Бактерии, разл. гум. кислоты
Тотальное варьирование	1749	6452	448	107,5	1308	484	5062	83
Варьирование по азоту аммиачной воды	1275	5000	144,5	50	145	200	3528	10
Варьирование по хлористому калию	6	8	2	8	685	81	72	15
Варьирование по извести	351	1023	264,5	40,5	200	162	882	55
Остаточное варьирование	117	421	37	9	278	41	580	3
Дисперсия по азоту аммиачной воды	1275	5000	144,5	50	145	200	3528	10
Дисперсия по хлористому калию	6	3	2	8	685	81	72	15
Дисперсия по извести	351	1023	264,5	40,5	200	162	882	55
Остаточная дисперсия	29,2	105	9,2	2,25	69,5	10,2	145	0,75
F по азоту аммиачной воды	43,7	48	15,7	22,2	2,1	19,6	24,3	13,3
F по хлористому калию	<1	<1	<1	3,55	9,9	7,9	<1	20
F по извести	12	9,7	28,7	18	2,9	15,9	6,1	73,3
Уровень значимости F по аммиачной воде (в %)	99	99	95	99	<95	95	99	95
Уровень значимости F по хлористому калию (в %)	<95	<95	<95	<95	95	95	<95	95
Уровень значимости F по извести (в %)	95	95	99	95	<95	95	<95	99

Примечание: Цены F, отвечающие уровню значимости меньше 95%, не считаются достоверными.

ТАУ. Консервирующее воздействие хлористого калия, очевидно, доходит только до известного срока, причем длительность этого времени зависит от фона состава ТАУ.

Тот факт, что дисперсионный анализ показывает существенное влияние на варьирование численности нитрификаторов только со стороны хлористого калия, объясняется именно тем, что последний способен полностью подавлять размножение нитрификаторов даже при благоприятных прочих условиях. Без «мешающего» влияния хлористого калия как аммиачная вода, так и известь значительно повышают энергию развития нитрификаторов. Это хорошо видно из данных  $\chi^2$ -анализа.

Влияние хлористого калия на жизнедеятельность нитрификаторов и денитрификаторов заслуживает внимания в практике выдерживания ТАУ, так как хлористый калий из-за отмеченного влияния сможет предохранить ТАУ от больших потерей азота. Этот вывод доказывается во второй части статьи, в связи с приведением данных химических анализов.

В отличие от многих других групп микроорганизмов нитрификаторы

не относятся безразлично к внесению в ТАУ разных форм фосфорных туков. Они предпочитают фосфоритную муку.

Как спороносные бактерии и нитрификаторы, так и аэробные целлюлозоразлагающие бактерии начинают усиленно развиваться лишь в более поздние периоды опытов. Активную жизнедеятельность этих бактерий встречаем начиная с 1½—2-месячного срока выдерживания ТАУ, если наблюдаемый вариант получил известковый материал или сульфат калия на фоне аммиачной воды. В вариантах с менее благоприятным для развития аэробных целлюлозоразлагающих бактерий составом минеральных примесей начало активного размножения этих бактерий наблюдается не раньше двухмесячного срока выдерживания ТАУ.

Главным фактором варьирования численности аэробных целлюлозоразлагающих бактерий является аммиачная вода. Под ее влиянием интенсивность жизнедеятельности этих бактерий повышается в отдельных случаях многократно. Почти так же положительно влияет внесение в смесь известкового материала. Влияние сланцевой золы при этом уступает влиянию собственно известки.

Применение различных форм фосфорных удобрений не вызывает различий в динамике аэробных целлюлозоразлагающих бактерий. В связи с этим интересно отметить, что в торфо-навозных компостах — по литературным данным — суперфосфат подавляет развитие этих бактерий (Абызов, 1960). По-видимому, в ТАУ аммиачная вода, как нейтрализующий кислотность фактор, устраняет задерживающее действие суперфосфата, вредным началом которого могут быть свободные кислоты.

О потребности аэробных целлюлозоразлагающих бактерий в калии свидетельствуют данные, показывающие положительное воздействие на их жизнедеятельность сульфата калия. Хлористый калий, несмотря на содержание калия, несколько задерживает размножение аэробных целлюлозоразлагающих бактерий.

Бактерии, разлагающие гуминовые кислоты, как и другие микроорганизмы, участвующие в разложении более стойких форм органического вещества, размножаются в более поздние периоды выдерживания ТАУ. В условиях проведенных опытов главным фактором варьирования их численности является внесенный в некоторые варианты известковый материал в виде сланцевой золы или самой известки. Под влиянием известкового материала численность бактерий, разлагающих гуминовые кислоты, увеличивается примерно в 3 раза.

Положительно влияет также аммиачная вода, но в меньшей мере, чем на развитие большинства предыдущих групп микроорганизмов. Учитывая физиологию бактерий, разлагающих гуминовые кислоты, кажется, что они нуждаются не столько в прибавлении аммиачного азота, сколько во внесении нейтрализующего кислотность среды материала. Об этом говорит и упомянутое выше влияние известкового материала.

Между влиянием различных видов фосфорных удобрений нет различий, если судить по варьированию численности бактерий, разлагающих гуминовые кислоты. Хлористый калий заметно задерживает размножение этих бактерий. Без хлористого калия усиленное развитие бактерий, разлагающих гуминовые кислоты, начинается в более ранний период выдерживания ТАУ и доходит до более высоких титров. Прибавление же в смесь сульфата калия вызывает интенсивную жизнедеятельность этих бактерий. Для бактерий, разлагающих гуминовые кислоты, как и для всех других изученных групп микроорганизмов, калий крайне необходим для успешной жизнедеятельности, но эффект от внесения в ТАУ калия зависит от его формы.

## Выводы

1. В течение трехмесячного выдерживания в торфо-аммиачных удобрениях (ТАУ), изготовленных из низинного тростниково-осокового торфа с прибавлением аммиачной воды и минеральных удобрений, интенсивно протекают разнообразные микробиологические процессы. Гнилостные бактерии, к которым принадлежит подавляющее большинство микроорганизмов, действующих в ТАУ, а также бактерии, разлагающие труднодоступные минеральные соединения фосфора и денитрифицирующие бактерии (т. е. микроорганизмы, нуждающиеся в присутствии легко доступных форм органического вещества), развиваются в смесях с умеренной концентрацией аммиачной воды более активно в течение первых двух месяцев выдерживания. Спорозоные бактерии, нитрификаторы, аэробные целлюлозоразлагающие бактерии и бактерии, разлагающие гуминовые кислоты (т. е. микроорганизмы, разлагающие стойкие формы органического вещества или же совсем не нуждающиеся в присутствии органического вещества), усиленно размножаются в более поздние периоды выдерживания ТАУ. Актиномицеты встречаются в довольно больших количествах во все периоды трехмесячного выдерживания ТАУ. Развитие грибов из-за присутствия аммиачной воды в течение этого срока было задержано. Азотобактер отсутствует в ТАУ.

2. Самым важным минеральным компонентом ТАУ, с точки зрения положительного влияния на микробиологические процессы, является аммиачный азот аммиачной воды. В дозе 0,5% аммиачного азота (от сухого веса торфа) аммиачная вода способствует размножению всех изученных групп микроорганизмов, за исключением грибов.

3. Важным лимитирующим микробиологическую активность фактором в ТАУ является калий. При этом имеет существенное значение, в каком соединении он внесен. Сульфат калия способствует жизнедеятельности всех микроорганизмов, в то время, когда хлористый калий задерживает развитие многих групп. Особенно сильно подавляющее влияние хлористого калия на нитрификаторы, размножение которых он почти полностью приостанавливает на три месяца. В меньшей мере, но все-таки существенно, хлористый калий подавляет развитие денитрификаторов и бактерий, разлагающих гуминовые кислоты. На фоне извести такое влияние несколько ослабляется.

4. Известь воздействует положительно на жизнедеятельность всех групп бактерий без исключения и актиномицетов.

5. Не обнаружено существенного различия между влиянием на развитие микрофлоры в ТАУ различных форм минерального фосфора. Исключение составляют бактерии, разлагающие труднодоступные минеральные соединения (фосфоритную муку) и нитрификаторы, которые предпочитают фосфоритную муку суперфосфату.

Результаты микробиологических анализов требуют для выяснения роли разных микроорганизмов в изменении свойств ТАУ в период выдерживания дополнения данными химических и физико-химических анализов. Такие данные приводятся и сопоставляются с микробиологическими данными во второй части настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

- С. С. Абызов, 1960. Бюл. н.-т. инф. по с.-х. микробиол. Всес. н.-и. ин-та с.-х. микробиол., 6, 12—15.
- Временные технические требования по приготовлению, хранению и применению торфо-аммиачных удобрений. Сб. н.-т. инф. ЦТБОС. М., 1960.
- Т. Г. Зименко, 1957. Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 234—240.
- Д. И. Никитин, 1960. Изв. АН СССР, сер. биол., 4, 618—625.
- Е. Н. Мишустин, 1955. Микробиология, 24, 4, 474-485.
- А. Г. Тимофеева, 1954. Микробиология, 23, 6.
- О. Е. Фатчихина, М. Н. Никонов, И. С. Бояркина, Н. А. Ключкина, А. А. Терентьева, 1960. Тр. ЦТБОС, 1. М.
- Т. А. Шинкарева, 1960. Тр. Ин-та торфа АН БССР, 9, 240—253.
- N. T. J. Vaileу, 1959. Statistical methods in biology. London.

Институт экспериментальной биологии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
23. III 1962

## ERI KOOSTISEGA TURVASAMMONIAAKVÄETISTE OMADUSTE MUUTUMINE SÄILITAMISPERIOODIL

### I. Mikroorganismide elutegevuse dünaamika turvasammoniaakväetistes

V. Tohver

Resümee

Kolmekuulise säilitamise ja erinevate mineraalainete lisandamise tingimustes uuriti turvasammoniaakväetistes mikroorganismide elutegevust. Segudes, kuhu lisati turba neelamismahtuvuse piires ammoniaakvett, arenesid asporogeensed mädanemisbakterid, denitrifitseerijad ja fosforiidijahu lagundavad bakterid maksimaalselt 1—2 esimese säilituskuu jooksul. Sporoogeensete bakterite, nitrifitseerijate, aeroobsete tselluloosilagundajate ja humiinhappeid lagundavate bakterite arvukus seevastu jõudis maksimumi pärast 1½—2-kuulist väetise säilitamist. Aktinomütseete esines arvukalt kogu kolmekuulise säilitamise jooksul. Seente arengu surus ammoniaakvesi alla. Asotobakterit ei leitud.

Ammoniaakvesi ja lubimaterjalid tõstsid bakterite ja aktinomütseetide elutegevuse intensiivsust mitmekordselt.

Erinevate fosforväetiste (fosforiidijahu, segafosfaat, superfosfaat) positiivses mõjus ilmes olulisi erinevusi ainult fosforiidijahu lagundavate bakterite ja nitrifitseerijate juures, kelle areng oli tugevam fosforiidijahu lisamisel.

Kõikidele uuritud mikroorganismidele oli väetissegus kaalium vajalik. Kuid vastupidi kaaliumsulfaadi tugevalt positiivsele toimele pärssis kloorkaalium mitme bakterigrupi (nitrifitseerijad, denitrifitseerijad, humiinhappeid lagundavad bakterid) paljunemisintensiivsust. Seejuures pidurdus nitrifitseerijate areng kolme kuu jooksul peaaegu täielikult.

Mikroorganismide tegevuse tagajärgi turvasammoniaakväetiste keemiliste ja füüsikalise-keemiliste omaduste muutumises käsitletakse sama töö järgnevas, teises osas.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Ekspérimentaalbioloogia Instituut

Saabus toimetusse  
23. III 1962

## CHANGES OF THE CHARACTERISTICS OF PEAT-AMMONIA FERTILIZERS IN THE COURSE OF SEASONING

### I. The Dynamics of the Vital Activity of Micro-Organisms in Peat-Ammonia Fertilizers

V. Tohver

#### *Summary*

In the course of three months' seasoning, the changes of microbial vital activities in peat-ammonia fertilizers (PAF) were investigated in connection with an examination of the influence of different mineral constituents of PAF upon the processes. It was established that in mixtures containing ammonia liquor within the limits of the absorbing capacity of peat, the maximum growth of asprogenous putrefying bacteria, denitrifiers and decomposing rock phosphate powder bacteria found place in the course of 1—2 first months of seasoning with PAF. The numbers of sporogenous bacteria, nitrifiers, aerobic cellulose decomposing bacteria and humic acids decomposing bacteria began to increase not earlier than in 1½—2 months of seasoning with PAF. Actinomycetes were to be found in relatively high numbers during all three months of the experiments. The development of Fungi was essentially suppressed by ammonia liquor. The Azotobacter was not found in any periods of the experiments.

Ammonia liquor, lime and shale ashes acted as factors greatly favouring the development of bacteria and Actinomycetes in PAF. Substantial differences between the favourable influence of different forms of mineral phosphorous fertilizers upon micro-organisms were found only with regard to rock phosphate powder decomposing bacteria and nitrifiers. All micro-organisms under investigation needed an addition of potassium to PAF, as it can be seen by the favourable influence of potassium sulphate. Potassium chloride, however, depressed the vital activity of some groups of micro-organisms, such as nitrifiers, denitrifiers and humic acids decomposing bacteria. The development of nitrifiers stopped under the action of potassium chloride almost entirely for three months.

The results of the activities of micro-organisms in changes of chemical and physico-chemical characteristics of PAF will be submitted and discussed in the next part of the paper.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,  
Institute of Experimental Biology*

Received  
March 23rd, 1962